

แผนพัฒนาสวนสัตว์ขอนแก่นเพื่อที่จะมุ่งสู่สวนสัตว์ ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอน

Khon Kaen Zoo's Development Plan Toward Carbon Neutral Organization

ณรงวิทย์ ชดช้อย^{1*}

^{1*} วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น

^{1*} E-mail: narongwit.ch@kkumail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวิเคราะห์เสนอแผนงานเพื่อการลดคาร์บอนภายในสวนสัตว์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในสวนสัตว์ขอนแก่น โดยวิธีการวิจัยเอกสารและวิจัยสนาม เก็บรวบรวมข้อมูล จากเดือน มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ.2565 รวมระยะเวลา 1 ปี จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่นเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 710.13 tCO₂e/yr ซึ่งต้องใช้เวลาเพื่อที่จะมุ่งสู่สวนสัตว์ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอน 20 ปี ผู้วิจัยได้เสนอแผนพัฒนาโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. กิจกรรมที่สวนสัตว์วางแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 12.5 tCO₂e/yr หรือ ร้อยละ 1.75 ต่อปี 2. วิธีการปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์ 20 ไร่ต่อปี ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 32.34 tCO₂e/yr หรือ ร้อยละ 4.14 ต่อปี

คำสำคัญ: ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์, การปล่อยก๊าซเรือนกระจก, องค์กรสีเขียว

Abstract

The objective of this research is to assess the carbon footprint and analyze proposals for reducing carbon emissions within Khon Kaen Zoo, as well as identifying suitable technologies for mitigating greenhouse gas emissions within the zoo. The research methodology involved

* Corresponding author, e-mail: narongwit.ch@kkumail.com

document research and field research, collecting data from June 2564 to May 2565, covering a one-year period. Based on the study findings, the specific greenhouse gas emissions, particularly carbon dioxide equivalent (tCO₂e), from Khon Kaen Zoo were found to be 710.13

tCO₂e/yr. It is projected that a transition towards a carbon-neutral zoo will take approximately 20 years. The researchers have proposed a development plan that can be divided into two parts. Part 1 focuses on activities within the zoo aimed at reducing greenhouse gas emissions, which can result in a reduction of 12.5 tCO₂e/yr or 1.75% annually. Part 2 involves the cultivation of target tree species on 20 hectares per year, which can contribute to a reduction of 32.34 tCO₂e/yr or 4.14% annually in carbon dioxide equivalent emissions.

Keywords: Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศอันเนื่องมาจากอุณหภูมิผิวโลกที่มีค่าสูงขึ้น ทำให้เป็นปัญหา และ ส่งผลเสียหายกับสิ่งแวดล้อม โดยภัยคุกคามนี้มีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยกิจกรรมเหล่านี้มีการปล่อยก๊าซต่าง ๆ ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน หรือที่เรียกว่าก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดเป็นปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) (กระทรวงพลังงาน, 2562) สวนสัตว์ขอนแก่น มีพื้นที่ในการควบคุมดูแลทั้งหมด 2,896 ไร่ มีพนักงาน และ ลูกจ้าง 187 อัตรา มีงบประมาณเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 52 ล้านบาทต่อปี มีผู้มาใช้บริการ 420,000 คนต่อปี มีรถบัสเข้ามาใช้บริการ 1,950 คันต่อปี รถยนต์ 70,300 คันต่อปี และรถจักรยานยนต์ 1,600 คันต่อปี มีรายได้ทั้งสิ้น 40 ล้านบาทต่อปี ภายใต้การกำกับดูแลขององค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทย สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งเรียนรู้ ท่องเที่ยวและอนุรักษ์สัตว์ป่า มีนโยบายการพัฒนาด้านกายภาพและสิ่งแวดล้อมให้เป็นแหล่งเรียนรู้ด้านสัตว์ป่าและการท่องเที่ยวที่มีมาตรฐานอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ผลจากการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของการปล่อยและการดูดกลับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางการวางแผนลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมในสวนสัตว์ขอนแก่น โดยการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสม นอกจากจะสามารถลดปัญหาภาวะโลกร้อนอันมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังเป็นแนวทางในการลดการใช้ทรัพยากร และลดต้นทุนในการดำเนินงานของสวนสัตว์ขอนแก่น

การศึกษานี้นอกจากจะเกิดผลที่ดีต่อสวนสัตว์ขอนแก่นแล้ว ยังสามารถเผยแพร่ข้อมูลผลงานการศึกษาไปยังชุมชน หน่วยงานรัฐและเอกชนที่อยู่ในพื้นที่โดยเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ผ่านทางสื่อโซเชียลมีเดีย

และช่องทางต่าง ๆ ของสวนสัตว์ขอนแก่น เพื่อให้ประชาชน นักเรียน นักศึกษา นักท่องเที่ยวได้ทราบข้อมูลผล การศึกษานี้ เพื่อเป็นส่งเสริมให้สังคมได้ตระหนักถึงสาเหตุและความสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำถามการวิจัย

แผนพัฒนาสวนสัตว์ขอนแก่น เพื่อที่จะมุ่งสู่สวนสัตว์ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอนเป็นอย่างไร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สวนสัตว์ขอนแก่น และวิเคราะห์เสนอแนะแนวทาง แผนงาน และวิธีการลดคาร์บอนภายในสวนสัตว์ขอนแก่น เพื่อนำมาวัดกรรม และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในการ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในสวนสัตว์ขอนแก่น

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ก๊าซเรือนกระจกมีกี่ชนิด องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (2554) ก๊าซที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ตามพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ที่มีการควบคุมมี 7 ชนิด

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO₂) แหล่งพลังงานในโรงงาน การใช้รถยนต์ การผลิตพลังงานไฟฟ้า มาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเผาไหม้ มีส่วนทำให้เกิดก๊าซ CO₂

2. ก๊าซมีเทน (Methane: CH₄) ก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศของโลกร้อยละ 20 เกิดขึ้นจากการทำ เกษตรกรรม กิจการสวนสัตว์ การเสื่อมสลายของซากสิ่งมีชีวิต

3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide: N₂O) ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นไนโตรเจน การใช้กรดไนตริก เป็นกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม มีส่วนทำให้เกิดก๊าซ N₂O ลอยเข้าไปสู่ชั้นบรรยากาศจะทำให้ โอโซนที่เป็นเกราะป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ลดน้อยลง

4. ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon: HFCs) สารเคมีที่นำมาใช้เป็นตัวทำความเย็น ในเครื่องปรับอากาศ ทั้งในที่อยู่อาศัย สำนักงาน ยานพาหนะ โดยสามารถทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่า ก๊าซ CO₂ สูงถึง 14,800 เท่า

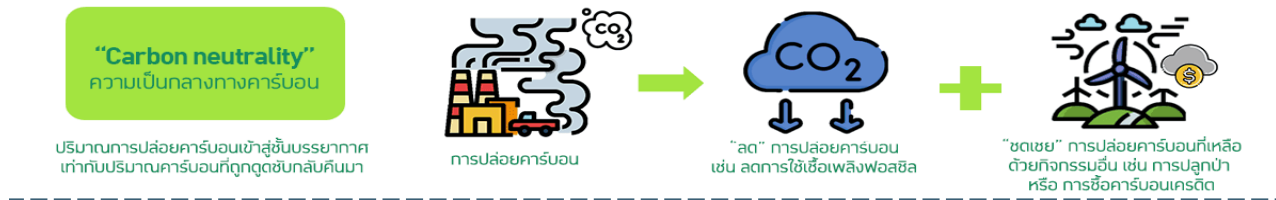
5. ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (Perfluorocarbon: PFCs) สารเคมีที่มีใช้อยู่ในตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ สีสเปรย์ ถังน้ำยาดับเพลิง มีส่วนทำให้เกิดก๊าซ PFCs ในชั้นบรรยากาศของโลก

6. ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulfur Hexafluoride: SF₆) การผลิตยางรถยนต์ การผลิตสาร กังตัวนำไฟฟ้า เป็นก๊าซที่มีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด

7. ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) กระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีส่วนทำ ให้เกิดก๊าซNF₃ที่ไม่ได้เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศของโลก และยังทำให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่า ก๊าซ CO₂ ถึง 17,200 เท่า

3.2 ความเป็นกลางทางคาร์บอนขององค์กร คือ เป็นการดำเนินกิจกรรม โครงการ หรือกิจกรรมของ องค์กร หน่วยงาน หรือประเทศ ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ โดยมีแนวทาง คือ (1) การลดการ

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นทาง (2) การชดเชยคาร์บอนเครดิต (Carbon offsets) โดยการลงทุนในโครงการที่เป็นประโยชน์ต่อสภาพภูมิอากาศ เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พิสุทธิ์, 2566)



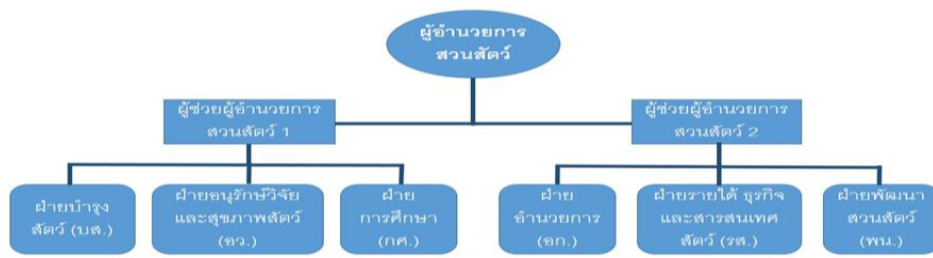
รูปที่ 1 ความเป็นกลางทางคาร์บอน
ที่มา: เว็บไซต์ สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์

องค์ประกอบสำคัญนำองค์ความรู้ความเป็นกลางทางคาร์บอน Gaurangi Sen.(2022) ได้แก่

1. Built Environment สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นมีความเหมาะสม และยั่งยืน ทั้งในเชิงโครงสร้างและการใช้งานที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม
2. Resource and Waste Management การใช้ทรัพยากร/วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ
3. Greenhouse Gas Emissions ลด/ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนกิจกรรมต่างๆ
4. Energy มีระบบการจัดการพลังงานเพื่อเพิ่มปริมาณพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น
5. Water มีการจัดการน้ำอย่างยั่งยืนเพื่อให้มีน้ำคุณภาพสูงในอนาคต
6. Transport มีการขนส่งที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ โดยคำนึงถึง 3 ขอบเขต คือ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานและ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่นๆ
7. Food and Gardens มีระบบการบริหารจัดการ การจัดหาอาหารทั้งจากผู้ขายและการผลิตเอง
8. Natural Environment การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ได้แก่ ภูมิประเทศ มหาสมุทร น้ำและอากาศ รวมถึง ความหลากหลายทางชีวภาพให้มีความสมบูรณ์

5. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของสวนสัตว์ขอนแก่น มีรายละเอียดของการศึกษาดำเนินการวิจัย ดังนี้ พื้นที่ในการวิจัย สวนสัตว์ขอนแก่น อ.เขาสวนกวาง ตั้งอยู่ภูเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น เนื้อที่กว่า 2896 ไร่ ผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ ฝ่ายทั้ง 6 ฝ่ายของสวนสัตว์ขอนแก่น พนักงาน และ ลูกจ้าง จำนวน 187 คน ตามโครงสร้างองค์กร รูปที่ 2



รูปที่ 2 ผังบริหารงานสวนสัตว์ขอนแก่น

5.1 ขอบเขตการวิจัย

วิจัยในขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 ซึ่งมีการวิเคราะห์ในส่วนกิจกรรมที่สวนสัตว์ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น ส่วนในขอบเขตที่ 3 ผู้วิจัยไม่ได้การศึกษาข้อมูลการเดินทางมาเที่ยวชมสวนสัตว์ขอนแก่นของนักท่องเที่ยว การเดินทางมาปฏิบัติงานของพนักงานและลูกจ้าง กิจกรรมที่มีผู้ประกอบการเข้ามาดำเนินกิจการให้บริการนักท่องเที่ยวภายในสวนสัตว์ เช่น กิจกรรมรถแถม กิจกรรมรถกอล์ฟ กิจกรรมรีสอร์ท ที่ส่งผลกระทบต่อปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เริ่มจากศึกษาข้อมูลด้านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหน่วยงาน ของสวนสัตว์ขอนแก่น ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรง และทางอ้อมจากเอกสาร รายงานผลการดำเนินงานของสวนสัตว์ขอนแก่น และข้อมูลเพิ่มเติมจากบุคลากรและเจ้าหน้าที่ ฝ่ายทั้ง 6 ฝ่ายของสวนสัตว์ขอนแก่น

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสวนสัตว์ขอนแก่นภายใต้การวิจัยนี้ ดำเนินตามขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตองค์กร และระบุกิจกรรมแหล่งที่ปล่อย โดยใช้วิธีการกำหนดขอบเขตแบบควบคุม และแยกขอบเขตควบคุมตามการดำเนินงาน ทำการประเมิน และรวบรวมปริมาณการปล่อย และดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจตามอำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร

2. กำหนดขอบเขตการดำเนินงาน งานวิจัยนี้ประเมินการปล่อยและดูดกลับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สอดคล้องกับองค์กรซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่

1) ขอบเขตที่ 1 กิจกรรมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ได้แก่ การเผาไหม้แบบอยู่กับที่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ เป็นต้น

2) ขอบเขตที่ 2 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานไอน้ำ

3) ขอบเขตที่ 3 กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ได้แก่ การใช้ทรัพยากรในสวนสัตว์ขอนแก่น การเดินทางของพนักงานและการขนส่ง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรที่ประเมินได้จะใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานต่าง ๆ ขององค์กร เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) การเกิดฝนกรด (Acidification) หรือความเป็นพิษ (Toxicity) มาใช้ในการประเมินร่วมด้วย

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คำนวณจากการใช้ข้อมูลกิจกรรม (Activity) ที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตองค์กรมาคูณกับค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ดังแสดงในตารางที่ 1 และแสดงผลมีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO₂e) ดังสมการนี้

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก}$$

5.3 ขอบเขตช่วงเวลาดำเนินการศึกษาโดยเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม จะใช้ข้อมูลจากเดือน มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ.2565 รวมระยะเวลา 1 ปี

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ที่ใช้ในงานวิจัย

ลำดับ	ชนิดเชื้อเพลิง/พลังงาน	ค่า Emission Factor	หน่วย
1.พลังงาน(การเผาไหม้อยู่กับที่)			
1	น้ำมันดีเซล	2.7078	Kg CO ₂ eq/liter
2	แก๊สโซฮอล์ 91	2.1894	Kg CO ₂ eq/liter
2.พลังงาน(การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่)			
1	น้ำมันดีเซล	2.7406	Kg CO ₂ eq/liter
2	แก๊สโซฮอล์ 91	2.1816	Kg CO ₂ eq/liter
3.การรั่วไหลและอื่นๆ			
1	ถังดับเพลิง CO ₂	1.0000	Kg CO ₂ eq/kg
2	เครื่องปรับอากาศ R32	677.0000	Kg CO ₂ eq/kg
3	เครื่องปรับอากาศ R22	1,760.0000	Kg CO ₂ eq/kg
4	ก๊าซมีเทน Septic Tank (CH ₄)	25.0000	Kg CO ₂ eq/kg
4.การใช้ไฟฟ้า			
1	การใช้พลังงานไฟฟ้า	0.5986	Kg CO ₂ eq/kwh
5.อื่นๆ			
1	การกำจัดขยะแบบฝังกลบถูกหลักสุขาภิบาล	0.7933	Kg CO ₂ eq/kg
2	การจัดการมูลสัตว์(ปุ๋ยหมักอินทรีย์)	0.3326	Kg CO ₂ eq/kg

ที่มา: <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9>

6.ผลและวิจารณ์

จากการศึกษา ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่น ดังนี้

6.1 ขอบเขตขององค์กร ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ สวนสัตว์ขอนแก่น มีพื้นที่ในการควบคุมดูแลทั้งหมด 2,896 ไร่ มีพนักงาน และ ลูกจ้าง 187 อัตรา มีงบประมาณเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 52 ล้านบาทต่อปี มีผู้มาใช้บริการ 420,000 คนต่อปี มีรถบัสเข้ามาใช้บริการ 1,950 คันต่อปี รถยนต์ 70,300 คันต่อปี และรถจักรยานยนต์ 1,600 คันต่อปี มีรายได้ทั้งสิ้น 40 ล้านบาทต่อปี

6.2 แหล่งที่มาและการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่น จากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของสวนสัตว์ขอนแก่น จากค่า Emission Factor สามารถคำนวณได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่1 (มิถุนายน 2564 – พฤษภาคม 2565)

ลำดับ	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก tCO ₂ e	ร้อยละ
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้อยู่กับที่						
1	เครื่องปั่นไฟฉุกเฉิน 4 ตัว (ดีเซล)	90	L	2.7078	0.24	0.26
2	เครื่องตัดหญ้า เป่าใบไม้ (แก๊สโซฮอส์ 91)	4,015	L	2.1894	8.79	9.50
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้แบบเคลื่อนที่						
1	รถยนต์(ดีเซล)	22,460	L	2.7406	61.55	66.56
2	รถจักรยานยนต์ (แก๊สโซฮอส์ 91)	1,397.40	L	2.1816	3.04	3.29
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลอื่นๆ						
1	ห้องสุขา Septic tank CH ₄	64.10	Kg CH ₄	25.00	1.60	1.73
2	ถังดับเพลิง Co ₂ 30 ถัง	30	Kg	1.000	0.03	0.03
3	เครื่องปรับอากาศ R32	4.50	Kg	677.00	3.04	3.29
4	เครื่องปรับอากาศ R22	8.04	Kg	1,760.00	14.15	15.3
รวมทั้งสิ้น					92.46	100

ตารางที่ 3 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่2 (มิถุนายน 2564 – พฤษภาคม 2565)

ลำดับ	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก tCO ₂ e	ร้อยละ
สำนักงานสวนสัตว์ อาคารบริการ						
1	รหัสเครื่องวัด 19934124	655425.47	Kah	0.5986	392.34	61.64
2	รหัสเครื่องวัด 24916644	2647.49	Kwh	0.5986	1.58	0.25
ระบบสูบน้ำ						
1	รหัสเครื่องวัด 85200526	106,336.53	kwh	0.5986	63.65	10.00
2	รหัสเครื่องวัด 25200528	8930.12	kwh	0.5986	5.35	0.84
3	รหัสเครื่องวัด 25205134	58608.71	kwh	0.5986	35.08	5.51
4	รหัสเครื่องวัด 25205135	13438.3	kwh	0.5986	8.04	1.26
5	รหัสเครื่องวัด 27074187	2948.94	kwh	0.5986	1.77	0.28
ส่วนน้ำสันทนาการเพื่อการท่องเที่ยว						
1	รหัสเครื่องวัด 28460323	86,763.69	kwh	0.5986	51.94	8.16
ส่วน แคมป์ปิ้ง						
1	รหัสเครื่องวัด 19934103	128198.52	kwh	0.5986	76.74	12.06
รวมทั้งสิ้น					636.49	100.00

ตารางที่ 4 การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่3 (เดือน มิถุนายน 2564 – พฤษภาคม 2565)

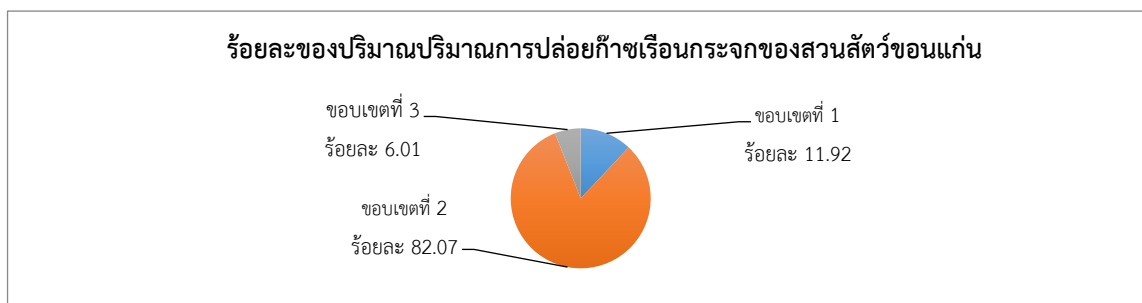
ลำดับ	กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	Emission Factor	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก tCO ₂ e	ร้อยละ
1	ปริมาณขยะแบบฝังกลบ	51530	Kg	0.7933	40.88	87.78
2	ปริมาณมูลสัตว์	17120	Kg	0.3326	5.69	12.22
รวมทั้งสิ้น					46.57	100.00

6.3 ผลการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่น

1. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสวนสัตว์ขอนแก่นพบว่าการดำเนินงานของกิจกรรมทั้ง 3 ขอบเขต ก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเท่ากับ 775.52 tCO₂e เมื่อวิเคราะห์แต่ละขอบเขตพบว่า ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.07 รองลงมาเป็นขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร คิดเป็นร้อยละ 11.92 และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 6.01 ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 3

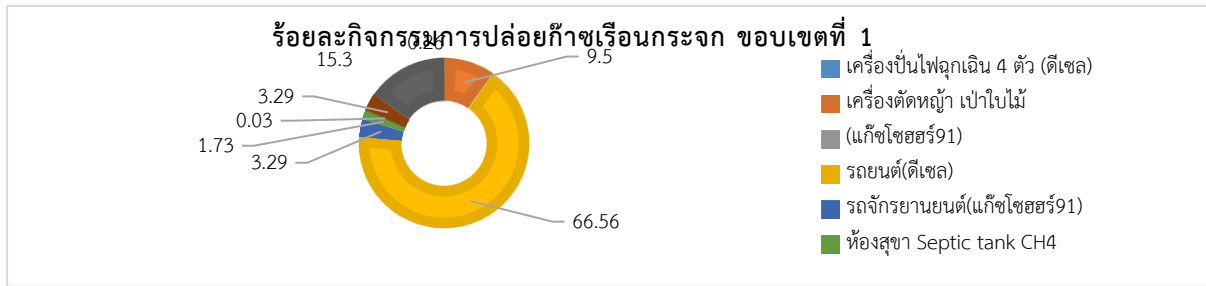
ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของสวนสัตว์ขอนแก่น

ขอบเขต	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e)	ร้อยละ
ขอบเขตที่ 1	92.46	11.92
ขอบเขตที่ 2	36.49	82.07
ขอบเขตที่ 3	46.57	6.01
รวม	775.52	100.00



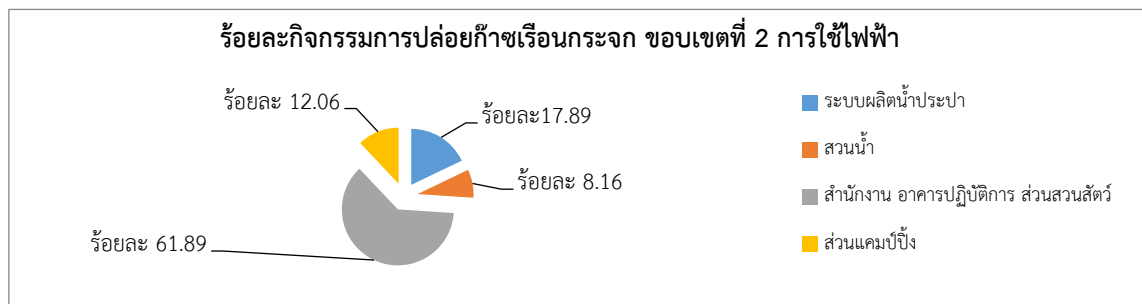
รูปที่ 3 ร้อยละของปริมาณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของสวนสัตว์ขอนแก่น

2. ผลวิเคราะห์ ขอบเขตที่ 1 มีค่าเท่ากับ 92.46 tCO₂e/yr มาจากการใช้น้ำมันดีเซล (Diesel) จากการใช้รถยนต์ของสวนสัตว์ขอนแก่น มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.56 รองลงมาเป็นการรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) คิดเป็นร้อยละ 15.30 การใช้น้ำมันเบนซิน (Gasoline) แก๊สโซฮอล์ 91 จากการใช้เครื่องตัดหญ้าและเครื่องเป่าใบไม้ คิดเป็นร้อยละ 9.50 การใช้น้ำมันเบนซิน (Gasoline) แก๊สโซฮอล์ 91 จากการใช้รถจักรยานยนต์ของสวนสัตว์ขอนแก่น คิดเป็นร้อยละ 3.29 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-32) คิดเป็นร้อยละ 3.29 การเกิดก๊าซมีเทนของห้องน้ำระบบ Septic Tank (CH₄) คิดเป็นร้อยละ 1.73 การใช้น้ำมันดีเซล (Diesel) ผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง คิดเป็นร้อยละ 0.26 และจากถังดับเพลิง CO₂ คิดเป็นร้อยละ 0.03 ดังแสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 ร้อยละของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 1 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

3. ผลวิเคราะห์ขอบเขตที่ 2 ของสวนสัตว์ขอนแก่น พบว่าการใช้ไฟฟ้าของสวนสัตว์ขอนแก่น มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 636.49 tCO₂e/yr โดยกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของสวนสัตว์ขอนแก่น มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 81.97 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้ง 3 ขอบเขต มาจากการใช้ไฟฟ้าในส่วนอาคารสำนักงาน อาคารปฏิบัติการ และโซนสวนสัตว์ (Zoo Zone) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.89 รองลงมาเป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อผลิตน้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 17.89 รองลงมาเป็นส่วนแคมป์ปิ้ง คิดเป็นร้อยละ 12.06 และสวนน้ำ คิดเป็นร้อยละ 8.16 ดังแสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 ร้อยละของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 2 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

4. ผลวิเคราะห์ ขอบเขตที่ 3 ของสวนสัตว์ขอนแก่น พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 46.57 tCO₂e/yr มาจากการกำจัดขยะแบบฝังกลบที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.78 รองลงมาจากการจัดการมูลสัตว์แบบใช้ออกซิเจน คิดเป็นร้อยละ 12.22 ดังแสดงรูปที่ 6



รูปที่ 6 ร้อยละของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ขอบเขตที่ 3 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

7. สรุปและอภิปรายผล

สรุปการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสวนสัตว์ขอนแก่นพบว่าการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของสวนสัตว์ขอนแก่นก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 775.52 tCO₂e/yr ผู้วิจัยได้นำเสนอแผนพัฒนาสวนสัตว์ขอนแก่นเพื่อแนวทางที่จะมุ่งสู่สวนสัตว์ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอน ดังนี้

7.1 แนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 2 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

การใช้ไฟฟ้าของสวนสัตว์ขอนแก่นมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 636.49 tCO₂e/yr และ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.07 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 3 ขอบเขต ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

1) การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ติดตั้งระบบกรองเกลือบำบัดน้ำให้เป็นระบบกรองที่ใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ด้วยระบบ ระบบออนกริด (On Grid) เป็นระบบโซลาร์เซลล์แบบต่อเข้ากับระบบสายส่งจากการไฟฟ้า (ไฟบ้าน) ดังตารางที่ 6 จากการศึกษาพบว่า ขนาดโซลาร์เซลล์ 400 Watt จำนวน 78 Module ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึง 12 tCO₂e ต่อปี

ตารางที่ 6 จำนวนโซลาร์เซลล์ อาคารส่วนแสดงแมวน้ำ ระบบออนกริด

ขนาด	จำนวน	รวมกำลังไฟฟ้า สูงสุด (PV)	ระยะเวลาการผลิต 5 ช.ม.	โหลตรวมส่วน แสดง แมวน้ำ ประมาณ
400 Watt	78 Module	400*78 =31,200 Watt หรือ 31.2 Kw	31.2*5 ช.ม.	75KW

2) การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นหลอด LED การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน, หลอดไฟ LED หรือหลอดตะเกียบ CFL ใช้พลังงานน้อยกว่าหลอดไส้แบบดั้งเดิมถึง 75% ติดตั้งตามสถานที่ต่าง ๆ ทั้งหมด 23 แห่ง ดังตารางที่ 7 จากการศึกษาพบว่า จำนวนหลอดไฟติดตั้งตามสถานที่ต่างๆของสวนสัตว์ขอนแก่นเป็นหลอด LED E27 มีจำนวนที่ยังไม่ได้มีการเปลี่ยนเป็นหลอดLED ทั้งหมด 627 และวางมาตรการการลด 5% ของจำนวนหลอดต่อปี ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 0.5 tCO₂e/yr

ตารางที่ 7 จำนวนหลอดไฟติดตั้งตามสถานที่ต่างๆของสวนสัตว์ขอนแก่น

ลำดับ	สถานที่ติดตั้งของสวนสัตว์ขอนแก่น	ชนิดหลอดไฟและกำลังวัตต์ (w)					
		FL T8		LED E27	GLoq	HIGH BAY	FLOOD LIGHT
		18 (w)	36 (w)	25 (w)	32 (w)	400 (w)	50 (w)
1	อาคารสำนักงานฝ่ายบริหารงานทั่วไป	22	-	248	-	-	-
2	อาคารสำนักงานฝ่ายพัฒนารุทกิจและ ประชาสัมพันธ์	-	75	12	-	-	-
3	อาคารสำนักงานฝ่ายพัฒนาสวนสัตว์	-	110	14	-	-	-

ลำดับ	สถานที่ติดตั้งของสวนสัตว์ขอนแก่น	ชนิดหลอดไฟและกำลังวัตต์ (w)					
		FL T8		LED E27	GLoq	HIGH BAY	FLOOD LIGHT
		18 (w)	36 (w)	25 (w)	32 (w)	400 (w)	50 (w)
4	อาคารโรงพยาบาลสัตว์	-	159	60	-	-	-
5	อาคารกิจกรรมฝ่ายการศึกษา	-	18	12	-	-	-
6	ศูนย์บริการนักท่องเที่ยว	1	43	12	-	-	-
7	อาคารสวนน้ำสันทนาการและการท่องเที่ยว	-	351	70	-	-	-
8	อาคารศูนย์อาหารบริเวณสระเด็ก	-	108	40	-	-	-
9	บ้านขอนไม้ หลังที่ 1	-	-	7	5	-	-
10	บ้านขอนไม้ หลังที่ 2	-	-	7	5	-	-
11	บ้านขอนไม้ หลังที่ 3	-	-	7	5	-	-
12	สุขาชาย บ้านขอนไม้ หลังที่ 1	-	20	-	-	-	-
13	สุขาชาย บ้านขอนไม้ หลังที่ 2	-	20	-	-	-	-
14	บ้านต่อไม้ หลังที่ 1	-	-	10	2	-	-
15	บ้านต่อไม้ หลังที่ 2	-	-	10	2	-	-
16	ห้องน้ำสุขา ชาย	-	20	-	-	-	-
17	ห้องน้ำสุขา หญิง	-	20	-	-	-	-
18	ห้องอาบน้ำชาย	-	10	-	-	-	-
19	ห้องอาบน้ำหญิง	-	10	-	-	-	-
20	คลังอาหารสัตว์	-	40	-	-	-	-
21	อาคารจัดแสดงแมวน้ำ	20	32	22	-	6	-
22	อาคารต้อนรับ	-	122	56	-	-	-
23	ซุ้มประตูทางเข้าสวนสัตว์ขอนแก่น	-	20	40	-	-	4
รวม		43	1,178	627	19	6	4
รวมทั้งหมด		1,877					

- 3) กำหนดให้ทุกฝ่ายใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสัญลักษณ์ประหยัดไฟเบอร์ 5
- 4) การรณรงค์ และวางมาตรการให้บุคลากรประหยัดไฟฟ้า
- 5) การใช้เทคโนโลยี ระบบดิจิทัลในการบริหารจัดการ การใช้ไฟฟ้า

6) ในการออกแบบก่อสร้าง การพัฒนาพื้นที่ต่าง ๆ ควรตระหนักในเรื่องการออกแบบที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้า และ เลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จากการสำรวจรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยพบว่าทางสวนสัตว์ขอนแก่นมีการนำระบบพลังงานสะอาดมาใช้ในการออกแบบ และ ใช้งานจริงในพื้นที่บางส่วนบ้างแล้ว

แนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

7.2 กิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกตรงลงมาเป็นขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร มีค่าเท่ากับ 92.46 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 11.92 โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเรียงลำดับ จากมากที่สุด ไปหาน้อย ของกิจกรรมที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ในขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การใช้ น้ำมันดีเซลจากการใช้ยานพาหนะภายในองค์กร(Diesel), การรั่วไหลและการระเหยของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22), การใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 การใช้เครื่องตัดหญ้าและเครื่องเป่าใบไม้, การใช้รถจักรยานยนต์ภายในองค์กร, การรั่วไหลและการระเหยของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-32) ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 ดังต่อไปนี้

1) ด้านการใช้ยานพาหนะ ควบคุมการใช้ยานพาหนะ มีการวางแผนการเดินทางให้คุ้มค่า

2) ด้านการใช้งานระบบปรับอากาศ ควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ สรรวจห้องที่ใช้เครื่องปรับอากาศพร้อมออกแบบระบบปรับอากาศหรือเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่เหมาะสม ในการออกแบบก่อสร้างอาคารใหม่ให้พิจารณาการออกแบบอาคารที่ลดความร้อน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ป้องกันความร้อนได้ดี และให้ตระหนักในการเลือกใช้ระบบปรับอากาศที่เกิดก๊าซเรือนกระจกต่ำ

3) ด้านการใช้เครื่องตัดหญ้า การใช้เครื่องเป่าใบไม้ ในการดูแลพื้นที่ ควรลดพื้นที่โดยการเลือกพื้นที่ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือ หรือ ค้นหาวัตกรรมใหม่มาทดแทน เลือกพืชพรรณในงานภูมิทัศน์เป็นไม้ประเภทไม่ผลัดใบ ทำการตัดแต่งกิ่งไม้ยืนต้นก่อนฤดูใบไม้ร่วง

จากการสำรวจรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยพบว่าทางสวนสัตว์ขอนแก่นมีการนำนโยบาย Green Zoo เพื่อการบริหารจัดการองค์กรให้เป็นองค์กรสีเขียว เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 1 ของสวนสัตว์ขอนแก่น ซึ่งนโยบาย Green Zoo ไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อลดการปล่อยการเรือนกระจกได้เนื่องจากงบประมาณของสวนสัตว์ขอนแก่นเป็นงบประมาณคงที่ทุกปี ในส่วนสาธารณูปโภค(น้ำมัน เชื้อเพลิง) จึงไม่สามารถจัดสรรงบประมาณให้ลดลงได้

7.3 แนวทางเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3 ของสวนสัตว์ขอนแก่น

กิจกรรมในขอบเขตที่ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 46.57 tCO₂e คิดเป็นร้อยละ 6.01 โดยกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของกิจกรรมในขอบเขตที่ 3 ได้แก่ การจัดการขยะแบบฝังกลบ และ รองลงมา ได้แก่ การจัดการมูลสัตว์แบบใช้ออกซิเจน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3 ดังต่อไปนี้

1) ในด้านการจัดการขยะ รณรงค์และจัดทำฐานการเรียนรู้เรื่องการคัดแยกขยะเพื่อให้ผู้จัดเก็บขยะสามารถนำขยะที่จัดเก็บได้ในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่นมาดำเนินการคัดแยกแล้วนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ พร้อมทั้งมีการรณรงค์การเลิกใช้พลาสติกและโฟม

2) ด้านการจัดการมูลสัตว์ เห็นควรนำมูลสัตว์ในสวนสัตว์ขอนแก่นมาผสมกับใบไม้ที่ทางสวนสัตว์ดำเนินการจัดเก็บทุกวันเพื่อทำปุ๋ยหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน แล้วนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ภายในพื้นที่ และเห็นควรดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องการใช้เชื้อราขาวในการช่วยย่อยสลายใบไม้เพื่อลดระยะเวลาในการย่อยสลายใบไม้ตามธรรมชาติ

จากการสำรวจรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยพบว่าทางสวนสัตว์ขอนแก่นมีการดำเนินการคัดแยกขยะจากต้นทาง และมีงานวิจัยด้านต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนด้านการจัดการกับมูลสัตว์

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่น สวนสัตว์ขอนแก่นควรวางแผน และ ตั้งเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีเพื่อให้เกิดการดำเนินการให้เป็นรูปธรรม เพื่อความท้าทายปีแรกสวนสัตว์ขอนแก่นควรตั้งเป้าหมายในการลดไม่น้อยกว่า 5 % ต่อปี ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดของสวนสัตว์ขอนแก่น กล่าวคือ ถ้าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของสวนสัตว์ขอนแก่นทั้ง 3 ขอบเขต เท่ากับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 775.52 tCO₂e/yr พบว่าถ้าสวนสัตว์ขอนแก่นไม่ตั้งเป้าหมายและทำกิจกรรมเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจะทำให้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี ซึ่งปีที่ 20 จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 1572.28 tCO₂e /yr ดังนั้น สวนสัตว์ขอนแก่นควรตั้งเป้าหมายในการลดไม่น้อยกว่า 5 % ต่อปี ซึ่งกิจกรรมที่ไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ กิจกรรมขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลอื่นๆและกิจกรรมขอบเขตที่ 3 และนโยบาย Green Zoo ไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อลดการปล่อยการเรือนกระจกได้เนื่องจาก งบประมาณของสวนสัตว์ขอนแก่นเป็นงบประมาณคงที่ทุกปี ในส่วนสาธารณูปโภค(น้ำมัน เชื้อเพลิง) จึงไม่สามารถนำส่วนนี้มาคิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ดังนั้นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 710.13 tCO₂e/yr สวนสัตว์ขอนแก่นจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่น้อยกว่า 35.50 tCO₂e ต่อปี ซึ่งต้องใช้เวลา 20 ปี ถึงจะเป็นสวนสัตว์ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอน

จากแผนพัฒนาสวนสัตว์ขอนแก่นเพื่อที่จะมุ่งสู่สวนสัตว์ที่มีความเป็นกลางทางคาร์บอน ดังนั้นผู้วิจัยได้เสนอแผนพัฒนาโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ร้อยละ 1.75 ต่อปี มีกิจกรรมที่สวนสัตว์วางแนวทาง ลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 12.5 tCO₂e/yr 2.จากแผนพัฒนาทางสวนสัตว์ขอนแก่นมุ่งที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจต้องใช้งบประมาณในการดำเนินงานค่อนข้างสูง ทางผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสวนสัตว์ขอนแก่นด้วยวิธีการดุดกลับแบบธรรมชาติ คือ การปลูกต้นไม้ ซึ่งในกระบวนการสังเคราะห์แสง ต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหารและเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยนมาเป็นคาร์บอน (C) ในเนื้อไม้ ซึ่งเนื้อไม้ทั่ว ๆ ไป มีค่าคาร์บอนอยู่ประมาณร้อยละ 50 ดังนั้นต้นไม้

และป่าไม้มีคุณสมบัติที่ดีคือ สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนที่จะลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในการจัดการดิน กรมพัฒนาที่ดิน) และมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ ดังตารางที่ 8 ดังนี้

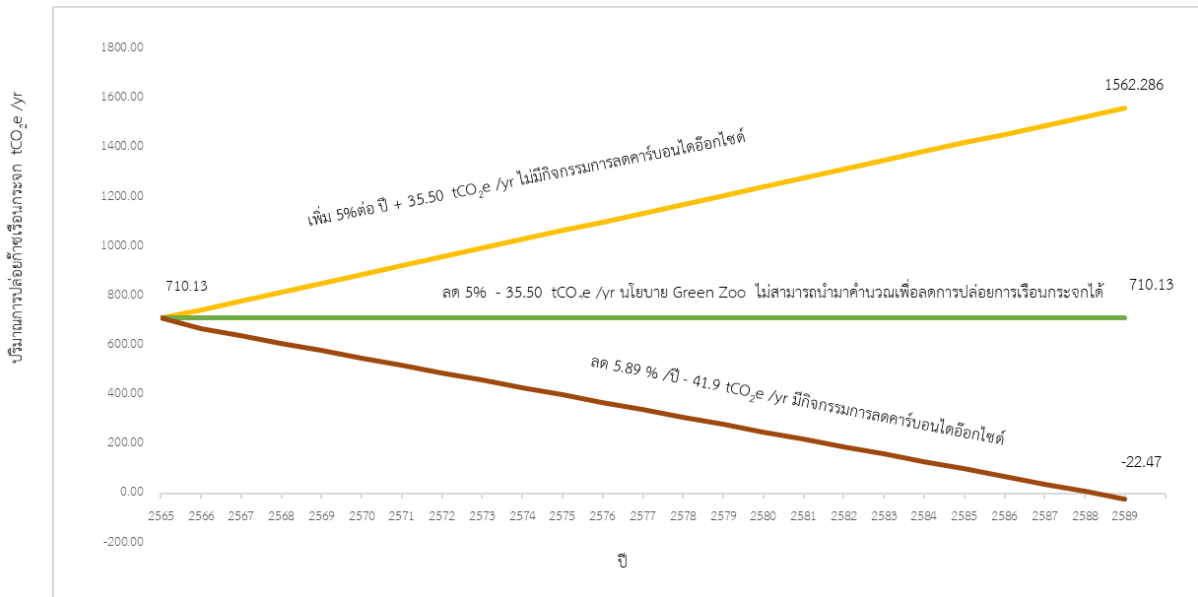
ตารางที่ 8 อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ (สาพิศ , 2563)

พรรณไม้	ระยะปลูก (ม. X ม.)	จำนวนต้น/ไร่	การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์	
			(ตัน/ไร่/ปี)	(กก./ต้น/ปี)
พรรณไม้พื้นเมืองโตช้า	4x4	100	0.95	9.5
พรรณไม้เอนกประสงค์	4x4	100	1.47	14.7
พรรณไม้ปลูกในเมือง	4x8	50	1.21	24.2

จากตารางอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ จากสวนสัตว์ขอนแก่นจะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งต้องใช้เวลา 20 ปี แต่สามารถลดระยะเวลาได้ด้วยการปลูกต้นไม้เพิ่มมากขึ้น ในบริเวณสวนสัตว์ขอนแก่น การวางแผนปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์ 20 ไร่ต่อปี ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึง 29.4 tCO₂e หากนำมารวมกันทั้งกิจกรรมเป็นแนวทางปฏิบัติตามแผน คือ ส่วนที่ 1 กิจกรรมที่สวนสัตว์วางแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 1.75 ต่อปี และส่วนที่ 2 กิจกรรมการปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์ ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึง 29.4 tCO₂e ต่อปี ร้อยละ 4.14 ต่อปี ซึ่งต้องใช้เวลามุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน ภายในระยะเวลา 20 ปี จากกิจกรรม ส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2 ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ถึง 41.9 tCO₂e ต่อปี ร้อยละ 5.89 ต่อปี ดังตารางที่ 9 และ รูปที่ 7

ตารางที่ 9 กิจกรรมการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ลำดับ	กิจกรรม	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tCO ₂ e)	หน่วย	ร้อยละ ต่อปี
ส่วนที่ 1 กิจกรรมที่สวนสัตว์วางแนวทางลดก๊าซเรือนกระจก				
1	โซลาร์เซลล์ 400 Watt จำนวน 78 Module	12	tCO ₂ e /yr	1.68
2	วางมาตรการการลด 5% ของจำนวนหลอดต่อปี	0.5	tCO ₂ e /yr	0.07
ส่วนที่ 2 กิจกรรมการปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์				
1	การปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์ 20 ไร่ต่อปี	29.4	tCO ₂ e /yr	4.14
รวมทั้งสิ้น		41.9	tCO₂e/yr	5.89



รูปที่ 7 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของสวนสัตว์ขอนแก่น

จากรูปที่ 7 พบว่าสวนสัตว์ขอนแก่นมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ 710.13 tCO₂e /yr ถ้าสวนสัตว์ขอนแก่นไม่มีกิจกรรมการลดคาร์บอนได้ออกไซด์ จะมีการเพิ่ม ร้อยละ 5 ต่อปี เนื่องจากสวนสัตว์ขอนแก่นมีแผนจะเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวร้อยละ 5 ต่อปี ทำให้พบว่าปี 2589 สวนสัตว์จะปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ 1562.28 tCO₂e /yr (ดังกราฟเส้นสีเหลือง) เมื่อพิจารณานโยบาย Green zoo จะพบว่าอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์คงที่ 710.13 tCO₂e /yr เนื่องจากสวนสัตว์ขอนแก่นถูกจัดสรรงบประมาณในส่วนของการอนุรักษ์ (น้ำมัน เชื้อเพลิง) แบบคงที่ทุกปี จึงไม่สามารถนำส่วนนี้มาคิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ให้เพิ่มหรือลดลงได้ (ดังกราฟเส้นสีเขียว) และหากสวนสัตว์ขอนแก่นมีกิจกรรมลดก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ที่มาจากกิจกรรม 1. โซล่าเซลล์ 400 Watt จำนวน 78 Module คิดเป็นร้อยละ 1.68 ต่อปี 2. วางมาตรการการลด 5% ของจำนวนหลอดต่อปี คิดเป็นร้อยละ 0.07 ต่อปี และการปลูกพรรณไม้เอนกประสงค์ 20 ไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.14 ต่อปี รวมคิดเป็นร้อยละ 5.89 ต่อปี พบว่าปี 2589 สวนสัตว์จะไม่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (ดังกราฟเส้นสีแดง)

8. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยของผู้วิจัยจะพบว่า การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นของสวนสัตว์ขอนแก่น มีการวิเคราะห์ในส่วนกิจกรรมที่สวนสัตว์ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่านั้น ในขอบเขตที่ 3 ยังมีสิ่งที่น่าสนใจเพื่อการทำการวิจัยต่อไป คือ การศึกษาข้อมูลการเดินทางมาเที่ยวชมสวนสัตว์ขอนแก่นของนักท่องเที่ยว การเดินทางมาปฏิบัติงานของพนักงาน และลูกจ้าง กิจกรรมที่มีผู้ประกอบการเข้ามาดำเนินกิจการให้บริการนักท่องเที่ยวภายในสวนสัตว์ เช่น กิจกรรมรถแถม กิจกรรมรถกอล์ฟ กิจกรรมรีสอร์ท ที่ส่งผลกระทบต่อ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำไปใช้เป็นการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของสวนสัตว์ขอนแก่นอีกทางหนึ่ง เช่น อบรมคณะทำงานและผู้เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการประเมินประสิทธิภาพ

ฌรงนึสรฌฐกัฏ ฌมฌตรฐฌน ISO 14045 แลล ฌณฌ์การประฌนของ สคร. การกำหนดแนวทางการวัดและประฌนประสฤษฤษภาพฌรงนึสรฌฐกัฏ (การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการประฌน การกำหนดตัวชี้วัดด้านสัองแวลลอม และด้านคูนค่า แนวทางการประฌนผลกระทบด้านสัองแวลลอม แนวทางการรวบรวบข้อมูลตามรายการตัวชี้วัด แนวทางการประฌนประสฤษฤษภาพฌรงนึสรฌฐกัฏ) การรวบรวบข้อมูลตามตัวชี้วัดการประฌนผลกระทบด้านสัองแวลลอม (ข้อมูลป้บประมาณ 2565 และ 2566) และประฌนค่าประสฤษฤษภาพฌรงนึสรฌฐกัฏ ศักยภาพขององค์กรป้องตันในการป้บปรุรงประสฤษฤษภาพฌรงนึสรฌฐกัฏ และตัวอย่างแนวทางการกำหนดค่าแฟคเตอร์ และตัวอย่างแผนงานในการป้บปรุรงผลประสฤษฤษภาพฌรงนึสรฌฐกัฏป้องตัน

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2562). การดำเนินงานด้านพลังงานและการจัดการก๊าซเรือนกระจก. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566, จาก Climate_Change (dede.go.th)
- [2] กลุ่มวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกในการจัดการดิน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2022). วิฤตติโลกร้อนปลูกหญ้าแฝกช่วยได้.
http://lddmordin.ddd.go.th/web/data/Tank_Conservation/C_12.pdf
- [3] จรินทร์ พักประไพ และ ฌฐฐพงษ์ ฉายแสงประทีป. (2564). ความพึงพอใจของนักทอ้งเทียวชาวที่มาเยือนสวนสัตว์ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น.วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 6(1) : 50-63 (2564)
- [4] นันทยา เทียวแสง, จินตนา อมรสงวนสิน และวรางคณา ศรีนึล. (2559). การประฌนคาร์บอนฟุทพริ้นและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบยั่งยืนขององค์กรปกครองส่วนทอ้งถึนกรณีศึกษาสำนักงานเขตบางแค. วิทยานึพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะบริหารการพัฒนา สัองแวลลอม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [5] เนตรฌนากานต์ สุนันดา และ ศรีษฐ สัมภักตะกุล. (2560). การประฌนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบบวฤจักรแรงคึนสารอินทรีย์.วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรมปีที่ 1 ฉบับที่ 1 (2560)
- [6] รายงานสรุปลานวนผู้เข้าฌมสวนสัตว์ขององค์การสวนสัตว์, องค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ https://www.zoothailand.org/more_news.php?c_id=77
- [7] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน (2565). แผนปฏิบัติการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2564 – 2573 ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566, <https://climate.onep.go.th/th/>
- [8] พิสุทธิ เพียรมนกุล, ฌฐฐวิญญ์ ฌวเลศพรศึยา, ภาวณึ พงศ์พนัธพฤทธิ, รัชนั น ฌานาญหมอ และ อริสร เพียรมนกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ป้บกระบวนทศน์การพัฒนาเพือมุงสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนของสังคมไทย ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566,
<https://www.greennetworkthailand.com/> ความเป็นกลางทางคาร์บอน/

- [9] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2564). พล.อ.ประยุทธ์ ให้คำมั่นที่ประชุม COP26 พุ่มเต็มทีแก้โลกร้อน. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566,
<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1305046219932762&type=3>
- [10] สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. “Carbon neutrality” กับ “net zero emissions” ต่างกัน อย่างไร? และมีความสำคัญอย่างไร? ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566, <https://www.pier.or.th/blog/2022/0301/>
- [11] สาทิศ ดิลกสัมพันธ์ และ นรินทร์ จำวงษ์. รายวิชา climate change for watershed management ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566, <https://www.ourkhungbangkachao.com/Uploads/articles/การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในภาคป่าไม้.pdf>.
- [12] อนุชญา พันธุ์สวัสดิ์. (2562). แนวทางการจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [13] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2554). ชนิดและหน่วยการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจก. แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. (หน้า 12-13). ครั้งที่ 1.
- [14] ABC NEWS. (2022). Record rain leaves at least eight people dead and seven missing in South Korean capital of Seoul. Retrieved March 29, 2023, from Record rain leaves at least eight people dead and seven missing in South Korean capital of Seoul - ABC News
- [15] Aljazeera. (2022). Heatwave grips France, UK, Spain as temperatures rise. Retrieved March 29, 2023, <https://www.aljazeera.com/news/2022/6/17/heatwave-grips-france-britain-spain-as-temperatures-rise>
- [16] David Lee. (2020). The Past, Present, and Future of Public Administration. In Tony Criswell, Trinwattana Poochanin, Pakpoom Phonsungnoen, Pathomphon Mangma and Sarsnya
- [17] Gaurangi Sen. (2022). Achieving Sustainability and Carbon Neutrality in Higher Education Institutions: A Review. Sustainability. Sustainability, 14(1), 222.
- [18] NGThai (2019) คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและค่าน้ำ ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566, <https://ngthai.com/news-activity/22980/carbonfootprint/>